# บทที่ 4

## 4.1 สรุปผลการทดลอง

จากการวิจัยนี้พบว่า halide ($Cl^-$, $Br^-$, $I^-$) ISE แบบ solid-state membrane ที่ได้สร้างขึ้นจากการผสมระหว่าง AgX ($X^-$ = $Cl^-$, $Br^-$, $I^-$) กับ $Ag_2S$ ในการทำ membrane สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และให้ผลการทดลองมี accuracy และ sensitivity สูง ราคาในการสร้างต่ำสามารถสร้างขึ้นใช้ได้เองในห้องปฏิบัติการ และจากการศึกษาการใช้งานของ halide ISE ที่สร้างขึ้นมาเปรียบเทียบกับ electrode ของ Orion Research Inc., U.S.A. สรุปผลรวมได้ในตารางที่ 4.1

ข้อเสนอแนะในการสร้าง halide ISE แบบ solid-state membrane เพื่อให้ได้ผลดี และมี sensitivity สูง

4.1.1 สารที่นำมาใช้ทำ membrane คือ $Ag_2S$ และ AgX ($X^-$ = $Cl^-$, $Br^-$, $I^-$) ควรทำให้บริสุทธิ์เสียก่อน วิธีการทำให้ AgX บริสุทธิ์จะปรากฏตามเอกสารอ้างอิงที่ 33

4.1.2 สิ่งที่นำมาทำเป็นตัว electrode ควรใช้วัสดุทึบแสง เช่น P.V.C. เพื่อลดผลของแสงที่มีต่อ internal reference electrode และต่อ membranes

4.1.3 ในการเตรียม internal reference electrode Ag/AgCl ควรทำการเคลือบ AgCl บน Ag อย่างช้างๆ สม่ำเสมอเพื่อให้ reference electrode ที่ได้มี current efficiency สูง

4.1.4 ก่อนที่จะทำการอัด membrane ควรทำให้ AgX และ $Ag_2S$ เป็นเนื้อเดียวกันเสียก่อน แล้วจึงทำการอัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.1 แสดงผลเปรียบเทียบคุณสมบัติ และการใช้งานของ halide solid-state ISE ที่สร้างขึ้นกับที่ซื้อจากบริษัท Orion Research Inc., U.S.A.

| คุณสมบัติเฉพาะของ ISE | ISE ผลิตโดยบริษัท Orion Research Inc. | | ISE ที่สร้างขึ้น | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | chloride ISE Model 94-17 | iodide ISE Model 94-53 | chloride ISE | iodide ISE | bromide ISE |
| 1) ช่วงความเข้มข้นที่ได้กราฟเส้นตรง | $3.0\times10^{-4}$ M ถึง $7.5\times10^{-2}$ M | $1.0\times10^{-6}$ M ถึง $7.5\times10^{-2}$ M | $4.0\times10^{-4}$ M ถึง $7.5\times10^{-2}$ M | $3.0\times10^{-6}$ M ถึง $7.5\times10^{-2}$ M | $4.0\times10^{-6}$ M ถึง $7.5\times10^{-2}$ M |
| 2) slope จากกราฟที่ 25.0°C | 59.8 | 59.5 | 59.0 | 59.0 | 62.0 |
| 3) %actual slope | 101.1 | 100.6 | 99.8 | 99.8 | 104.9 |
| 4) ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ | $5.0\times10^{-6}$ M | $1.0\times10^{-8}$ M | $3.0\times10^{-6}$ M | $2.5\times10^{-7}$ M | $3.0\times10^{-7}$ |
| 5) ช่วง pH ที่ใช้งานได้ดี | 2.00-12.00 ($1.0\times10^{-1}$M $Cl^-$) | 2.00-11.50 ($1.0\times10^{-2}$M $I^-$) | 1.00-12.00 ($1.0\times10^{-1}$M $Cl^-$) | 2.00-11.50 ($1.0\times10^{-2}$M $I^-$) | 0.60-12.10 ($1.0\times10^{-1}$M $Br^-$) |
| | 2.50-7.50 ($1.0\times10^{-4}$M $Cl^-$) | 2.50-10.50 ($1.0\times10^{-4}$M $I^-$) | 1.70-10.00 ($1.0\times10^{-4}$M $Cl^-$) | 2.50-10.00 ($1.0\times10^{-4}$M $I^-$) | 2.80-10.10 ($1.0\times10^{-4}$M $Br^-$) |
| 6) %recovery | 100.1 | 101.2 | 97.2 | 101.1 | 98.5 |



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.1 ต่อ

| คุณสมบัติเฉพาะของ ISE | ผลิตโดย: บริษัท Orion Research Inc., | | ISE ที่สร้างขึ้น | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | chloride ISE Model 94-17 | iodide ISE Model 94-53 | chloride ISE | iodide ISE | bromide ISE |
| 7) response time (วินาที) | $2.3\pm0.1$ ($1.0\times10^{-5}$M ถึง $1.0\times10^{-4}$M)<br>$2.0\pm0.0$ ($1.0\times10^{-4}$M ถึง $1.0\times10^{-3}$M)<br>$2.0\pm0.0$ ($1.0\times10^{-3}$M ถึง $1.0\times10^{-2}$M) | $4.3\pm0.1$ ($1.0\times10^{-6}$M ถึง $1.0\times10^{-5}$M)<br>$3.7\pm0.1$ ($1.0\times10^{-5}$M ถึง $1.0\times10^{-4}$M)<br>$2.4\pm0.1$ ($1.0\times10^{-4}$M ถึง $1.0\times10^{-3}$M) | $3.2\pm0.1$ ($1.0\times10^{-5}$M ถึง $1.0\times10^{-4}$M)<br>$2.5\pm0.1$ ($1.0\times10^{-4}$M ถึง $1.0\times10^{-3}$M)<br>$2.5\pm0.0$ ($1.0\times10^{-3}$M ถึง $1.0\times10^{-2}$M) | $4.2\pm0.2$ ($1.0\times10^{-6}$M ถึง $1.0\times10^{-5}$M)<br>$2.5\pm0.1$ ($1.0\times10^{-5}$M ถึง $1.0\times10^{-4}$M)<br>$2.5\pm0.0$ ($1.0\times10^{-4}$M ถึง $1.0\times10^{-3}$M) | $3.0\pm0.1$ ($1.0\times10^{-5}$M ถึง $1.0\times10^{-4}$M)<br>$3.4\pm0.1$ ($1.0\times10^{-4}$M ถึง $1.0\times10^{-3}$M)<br>$3.1\pm0.1$ ($1.0\times10^{-3}$M ถึง $1.0\times10^{-2}$M) |
| 8) interfering ions | $S^{=}\sim Br^{-}\sim I^{-}\sim CN^{-}>NH_3\gg F^{-}$ | $S^{=}>CN^{-}>Br^{-}\sim Cl^{-}\sim F^{-}\sim NH_3$ | $S^{=}\sim Br^{-}\sim I^{-}\sim CN^{-}>NH_3\gg F^{-}$ | $S^{=}>CN^{-}>Br^{-}\sim Cl^{-}\sim F^{-}\sim NH_3$ | $S^{=}>CN^{-}\sim I^{-}>NH_3\ggg Cl^{-},F^{-}$ |
| 9) ขนาดของ ISE | ความยาว 139 มม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มม. | ความยาว 139 มม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มม. | ความยาว 135 มม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 14 มม. | ความยาว 135 มม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 14 มม. | ความยาว 135 มม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 14 มม. |
| 10) ปริมาณสารตัวอย่าง | 5 ml. | 5 ml. | 5 ml. | 5 ml. | 5 ml. |
| 11) การเก็บรักษา | สามารถเก็บไว้ในอากาศได้ ก่อนใช้ไม่จำเป็นต้องจุ่มในสารละลาย NaCl | สามารถเก็บไว้ในอากาศได้ ก่อนใช้ไม่จำเป็นต้องจุ่มในสารละลาย NaI | สามารถเก็บไว้ในอากาศได้ ก่อนใช้ต้องจุ่มในสารละลาย NaCl ประมาณ 24 ชั่วโมง | สามารถเก็บไว้ในอากาศได้ ก่อนใช้ต้องจุ่มในสารละลาย NaI ประมาณ 24 ชั่วโมง | สามารถเก็บไว้ในอากาศได้ ก่อนใช้ต้องจุ่มในสารละลาย NaBr ประมาณ 24 ชั่วโมง |